

---

Conférence donnée à la réunion du Comité Exécutif de l'AISS - Moscou -  
1996

Étude et Gestion des Sols n'est pas une tribune libre, mais constitue notamment une plate-forme d'échange entre scientifiques et praticiens.

Le Professeur Dan Yaalon, de l'Université Hébraïque de Jérusalem, très connu de la communauté internationale de science du sol, a formulé, dans le cadre d'une réunion de l'«Executive Committee» de l'AISS à Moscou l'année dernière, un certain nombre de ses idées concernant la préservation des sols : «Soil Care».

Nous avons pensé intéressant pour nos lecteurs d'en faire une traduction en français, et donc de vous les soumettre.

Il va de soi que la majorité des références bibliographiques sont anglophones, mais ceci nous permet d'une part d'en prendre connaissance, et d'autre part de mettre au point progressivement une position de l'école de pédologie française sur les différents thèmes évoqués qui sont bien entendu tout à fait d'actualité.

## La science du sol en transition

### Stratégies de recherche pour la prise en compte et la préservation du sol

Dan H. Yaalon, Institute of Earth Science

Université Hébraïque, Jérusalem, Israël

Connaître le sol d'un site quelconque ou bien celui d'une région plus étendue signifie (1) comprendre les multiples processus qui s'y déroulent et (2) connaître ses interactions avec d'autres éléments des systèmes environnementaux. La science du sol appliquée est la base de la productivité agricole des économies développées occidentales et d'un développement technologique durable. Cependant la science du sol est une discipline relativement jeune, sur le plan de la reconnaissance du sol à la fois comme entité et objet d'étude indépendant dans le monde naturel et comme un matériau de surface subvenant à la croissance des plantes et assurant le maintien des formes du relief (Warkentin, 1992).

Malgré d'évidents succès dans le domaine de l'augmentation de la productivité agricole, de sérieuses questions quant à sa place et son rôle ont été posées ces dernières années. A titre d'exemple, plusieurs articles parus dans l'édition spéciale de *Soil Science* à l'occasion de ses 75 années de publication, faisaient état de la nécessité d'améliorer l'image de la science du sol auprès du public et de la communauté scientifique (Gardner, 1991; Greenland, 1991; Simonson, 1991). Plus récemment, des tribunes éditoriales dans le *Soil Science Society of America Journal (SSSAJ)* lançaient des appels plus explicites pour qu'une action soit entreprise (Miller, 1993; Gardner, 1993), en premier lieu à l'adresse des membres américains de la SSSA. Gardner demanda qu'une nouvelle orientation soit donnée à la recherche en science du sol aux Etats-Unis afin d'améliorer son image et d'infléchir la dévalorisation « de la science du sol auprès de la génération actuelle ». D'autres appels se sont fait l'écho de sentiments comparables (Tinker, 1985; Miller, 1992; Greenwood, 1993; Nortcliff, 1993).

## DES CHANGEMENTS EN PERSPECTIVE

Au centre de ces prises de position, il y a la prise de conscience que « le paradigme s'est modifié », que l'amélioration de la productivité du sol n'est plus et ne devrait plus être le principal objet de la recherche en science du sol. Certains ont appelé à une recherche plus fondamentale et plus orientée vers les sciences de la terre (Nielsen, 1987; Notohadiprawiro, 1993; Yaalon, 1993b; Wilding, 1994). D'autres ont principalement mis l'accent sur les aspects environnementaux au niveau global et régional (Wild, 1989; Hillel, 1993; Bullock, 1994) ou appelé à une réorientation et une intensification des inventaires du sol dans le sens d'une approche plus fonctionnelle basée sur l'évolution du sol et du paysage (Arnold, 1988; Jacob et Nordt, 1991; Hudson, 1992; Ibanez et al., 1993; Bouma, 1994).

Cependant, le fait que « le paradigme se soit modifié » s'ap-

plique uniquement au monde industrialisé occidental où des progrès spectaculaires de la productivité des sols ont été réalisés. Conséquence de ce succès, certains aspects de la recherche appliquée et les inventaires détaillés du sol sont moins bien accueillis par le public. Ce n'est pas le cas dans les pays du Tiers-Monde et pour les économies issues de régimes totalitaires, qui représentent plus de 70 % de la surface des terres du monde et environ 80 % de sa population. Dans ces pays, il demeure très important d'avoir recours de manière plus large et plus efficace à des mesures mieux adaptées de l'utilisation du sol, pour caractériser les domaines labourables, pour accroître les rendements et la productivité, pour empêcher la dégradation du sol et pour protéger et préserver sa qualité. Les pays en voie de développement ne consacrent qu'une petite part de leurs ressources (moins de un pour-cent de leur PNB, comparé au plus de 2 % des pays développés) à la recherche et au développement. Ils n'ont qu'un dixième du nombre de scientifiques et d'ingénieurs en proportion de leur population par rapport aux pays développés (Unesco World Science Report, 1993). Pour réduire cet écart, il faudra de plus en plus de chercheurs en science du sol expérimentés, ainsi que de chercheurs d'autres disciplines. En conséquence, les problèmes rencontrés et les solutions recherchées ne sont pas les mêmes dans les pays du Tiers-Monde et dans les pays industrialisés.

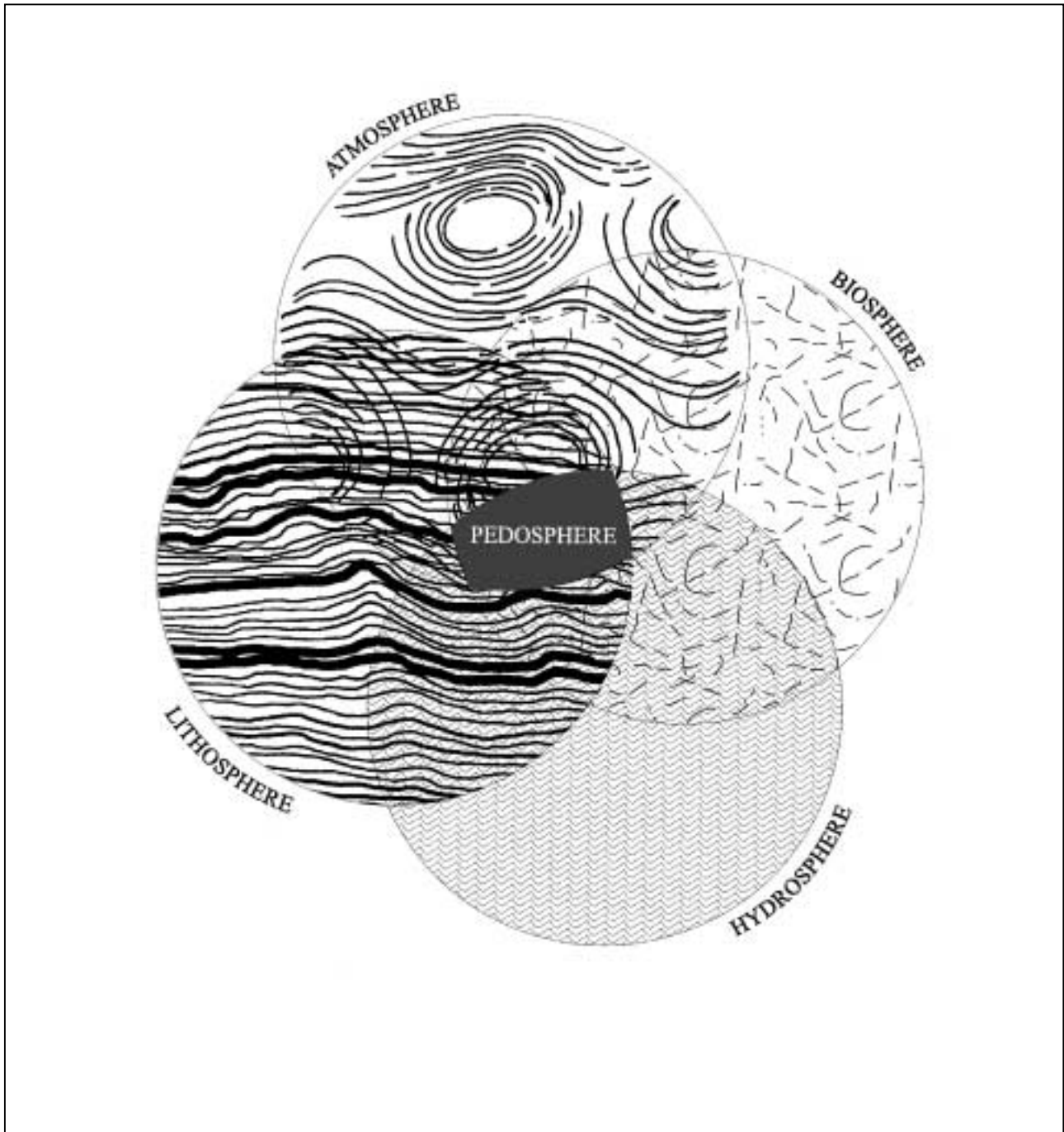
La science du sol compte quelques 50 000 chercheurs, soit environ 0,5 % de l'ensemble des scientifiques au niveau mondial, même si par ailleurs elle atteint 5 % du nombre des chercheurs en agronomie. Il existe quelques 10 000 publications annuelles ayant trait à la science du sol, produites par un nombre identique de chercheurs (McDonald, 1994). Quelle orientation doit prendre la recherche en science du sol à l'avenir? Je vais tenter d'y répondre brièvement dans les paragraphes suivants, en mettant l'accent sur une prise en compte nouvelle du sol et de sa préservation.

## LES SOLS DANS LE CONTEXTE GLOBAL : LA DYNAMIQUE DE LA PÉDOSPHÈRE

La première chose qu'il faille considérer, c'est l'orientation future que prendra la science du sol dans un contexte global. Dans le monde industrialisé, l'intérêt du public se porte désormais sur les problèmes d'environnement. Développement durable et préservation du sol compatibles avec l'environnement sont devenus les nouveaux mots d'ordre (Singer et Warkentin, 1994). Dans le même temps, la question de la modification globale du climat et celle d'une meilleure gestion des systèmes naturels ont placé le sol dans une position centrale, ce qui constitue un fait nouveau. (Figure 1). Non seulement le sol est reconnu comme support de la croissance

Figure 1 - Les liens et interactions dans le comportement du système planétaire. Noter la place centrale qu'occupe le sol, faisant le lien entre le climat physique et les systèmes biogéochimiques (IGBP, 1992).

Figure 1 - Bounds and interactions in the behaviour of planetary system. Note the central place of the soil, between physical climate and biogeochemical systems (IGBF, 1992).



des plantes, mais dans une même mesure comme le régulateur principal de la distribution et du stockage de l'humidité, comme une source et un réservoir des principaux gaz entraînant l'effet de serre ; il est pris comme un témoin pour l'interprétation des changements globaux passés (Arnold et al., 1990 ; Rozanov, 1990 ; Scharpenseel et al., 1990 ; Yaalon, 1993a). Dans le monde occidental, la tâche principale de la science du sol dans le cadre de la science générale de l'environnement c'est d'approfondir, quantifier et organiser notre connaissance de ces sujets.

Des progrès importants sur ce point lui assureraient aussi la place qui lui revient parmi les autres sciences. Les spécialistes en science du sol doivent se joindre aux efforts d'expérimentation et de modélisation de l'International Geosphere Biosphere Programme (IGBP). L'effort international de l'IGBP est peut-être l'entreprise la plus complète à ce jour pour comprendre la dynamique et les évolutions de la planète. Le programme vise à « décrire et comprendre les processus interactifs physiques, chimiques et biologiques qui régulent le système planétaire dans son entier » (IGBP, 1990 et 1992). Pour la première fois, des spécialistes en science du sol - quoique trop peu nombreux - travaillent en coopération avec d'autres scientifiques de haut niveau pour résoudre quelques uns des problèmes de la planète. Actuellement ils sont trois chercheurs en science du sol (sur 25) à être membres du comité scientifique de l'IGBP avec lequel l'ISSS entretient des échanges soutenus. Plusieurs autres chercheurs sont présidents des comités nationaux de l'IGBP qui dirigent conjointement cette vaste entreprise (IGBP, 1994).

A condition qu'un nombre suffisamment grand de chercheurs en science du sol soient impliqués dans les projets centraux de l'IGBP et dans les programmes régionaux, nous pouvons également espérer qu'une meilleure attention soit accordée aux sols en général. Il faut saisir cette opportunité et c'est aux scientifiques eux-mêmes de proposer les idées, les projets et les mises en œuvre. Gardner (1991) affirme avec raison que nous ne faisons que commencer à développer une compréhension véritablement quantitative des processus physiques, chimiques et biologiques du sol. Nous avons besoin de meilleurs modèles et de modèles quantitatifs en ce qui concerne le développement des sols, les modifications apportées par l'homme, les interactions pédosphère-biosphère dans l'espace et le temps. Le récent livret de la SSSA, *Opportunities in Basic Soil Research* (Sposito et Reginato, 1992) aborde plusieurs de ces objectifs de recherche. Tout cela va dans le sens de la reconnaissance de la pédosphère comme partie du système planétaire méritant une plus grande attention au niveau mondial.

Ce qui est durable d'un point de vue écologique - gérer l'environnement naturel et ses diverses populations de manière à ce que le jeu des processus dynamiques naturels et des interactions responsables des modifications et de l'évolution préviennent les effets indésirables sur l'environnement et des

bouleversements catastrophiques - sera la préoccupation première pour les responsables des projets environnementaux et pour les agences de financement, tant à l'Ouest que dans les pays du Tiers-Monde. Il est important que les spécialistes en science du sol y soient préparés et soient à même de leur fournir les résultats de base indispensables en termes de recherche, d'interprétations et de prédictions, basés sur une recherche fondamentale en science du sol intégrée aux autres géo- et bio-sciences. Seule une compréhension en profondeur des mécanismes et des processus du sol permettront de prévoir et de modéliser les modifications susceptibles d'intervenir dans un système aussi complexe.

Les fonds pour la recherche étant limités, seuls les mieux préparés et les mieux informés devraient être encouragés à se lancer dans la compétition et entrer dans ce domaine complexe de la recherche, ainsi que le reconnaissait Gardner (1991). Une réelle performance des chercheurs en science du sol aurait cependant de nombreuses retombées. Le rôle écologique de divers types de sol serait mieux connu, notamment en ce qui concerne la dynamique de constituants importants comme l'humus, l'argile et les carbonates, et de même pour la cinétique des processus de formation du sol, et la distribution de l'humidité du sol dans le temps et dans l'espace, pour n'en nommer que quelques uns. Ces résultats faciliteront l'intégration de la dynamique de la pédosphère dans le système planétaire global. A côté des revues internationales de renom en science du sol, de tels résultats de recherche devraient être publiés dans des revues scientifiques de la terre et revues générales prestigieuses comme : *Earth Surface Processes & Landforms*, *Catena*, *Hydrological Processes*, *Global Biogeochemical Cycles*, *Nature*, *Science*, et d'autres encore, comme le préconise également Simonson (1991). C'est là l'un des meilleurs moyens d'améliorer la place et l'image de la science du sol auprès des scientifiques des autres disciplines. Il ne saurait y avoir de désaccords sur ce point.

## LA PRÉSERVATION ET LA PROTECTION DU SOL

A une échelle locale ou régionale, la science du sol dans son orientation future devrait porter un plus grand intérêt pour ce que je nommerai la préservation du sol : «Soil Care». Cette notion peut être définie comme le choix et la mise en place d'un système de gestion du sol et de l'utilisation des terres, qui améliore et conserve son utilité quelque soit l'objectif retenu, c'est-à-dire pas seulement pour l'agriculture mais de la même façon en tant que partie intégrante de l'environnement. Je crois que cette approche présenterait plusieurs avantages.

L'utilisation durable du sol et des terres nécessite que soient mis en œuvre simultanément des critères socio-économiques et des principes environnementaux clairs reposant sur

la protection du sol et de la diversité biologique. Bien que 12 % seulement de la surface des sols soit cultivable, la pression sur les pâturages, les sols forestiers et les espaces ouverts est d'égale importance pour l'évaluation d'un risque possible - que ce soit l'érosion, la désertification, la salinisation ou d'autres formes de dégradation du sol. Les conséquences de diverses formes d'utilisation des terres ou celles de modifications de l'environnement doivent être étudiées. Une politique judicieuse pour la gestion des terres cultivées, exige plus de réponses quantitatives sur des thèmes comme le devenir des produits chimiques agricoles et des polluants; jusqu'où sont-ils transportés, à quel moment et avec quelles concentrations? Du fait des erreurs de gestion passées dans les environnements industrialisés, il faut maintenant des conseils en termes d'assainissement et de réhabilitation du sol. Dans les pays en voie de développement, il faut utiliser plus fréquemment l'approche holistique et l'adaptation des techniques de l'utilisation des terres pour éviter les erreurs du passé.

Je suggère que les spécialistes en science du sol s'orientent plus nettement vers les problèmes de préservation du sol, ce qui pourrait stopper le déclin et la dévalorisation de leur statut, problème qui inquiète Américains et Européens (BSSS News, 1994). Une étude rapide menée par la British Soil Science Society montre que seule l'Allemagne enregistre une progression du nombre de ses chercheurs en science du sol. Pourquoi cela? C'est indubitablement le résultat de la législation sur la protection des sols. En Europe, les problèmes d'environnement sont devenus si cruciaux que plusieurs des états fédéraux allemands ont voté des lois de protection de l'environnement et chargé des organismes ministériels de l'environnement de leur application. Heureusement, les lois se basent sur une vision holistique du sol, ce qui nécessite d'étudier le sol en relation avec sa situation dans le paysage. L'évaluation définitive de la préservation du sol est basée sur les paramètres des écosystèmes principaux, qui comprennent les cartographies du sol comme éléments des banques de données et des systèmes d'information géographique (par exemple, Baden-Wuerttemberg, 1992; Fraenzle et al., 1992). Il existe donc un besoin supplémentaire de chercheurs en science du sol, et un besoin en formation pour les autres spécialistes de l'environnement également. A titre d'exemple, l'Institut de Science du sol de l'Université de Bonn donne un cours général de science du sol sur deux semestres suivi par plus de 600 étudiants, dont un petit nombre seulement viennent de l'Institut lui-même. Ce n'est pas une surprise si le livre de Blume (1992) qui traite des sols et de la protection du sol d'une manière très large, en est déjà à sa deuxième édition et toujours très demandé.

Là où le concept de protection du sol serait la traduction la plus littérale du terme allemand Bodenschutz (Blume, 1992), déjà largement accepté et employé, le concept plus large de préservation du sol est préférable et pourrait devenir l'équiva-

lent français. Il est moins susceptible d'être assimilé au concept commun de conservation du sol. Des postes et des chaires en préservation du sol devraient être créés pour compléter et élargir ceux existants en fertilité du sol et conservation du sol. Toute revue touchant à la préservation du sol pourrait accepter un large éventail d'articles émanant de projets de recherche ayant des objectifs précis d'application, qui seront certainement toujours mieux financés, et qui pourraient, par la suite, stimuler d'autres recherches plus fondamentales. Le *Journal of Environmental Quality* pourrait être rebaptisé *Journal of Soil Care and Environmental Quality*. Des journaux plus récents comme *Soil Use and Management*, *Arid Soil Research & Rehabilitation*, *Applied Soil Ecology*, *Soil Technology* ou *J. of Soil Contamination* sont amenés à se développer et deviendront sans aucun doute de bons porte-paroles de la recherche en science du sol en rapport avec l'environnement. Les spécialistes en science du sol doivent s'assurer que les articles publiés dans ces revues intègrent bien les connaissances fondamentales et holistiques du sol nécessaires pour une interprétation de qualité des problèmes écologiques du sol. Les expériences et modèles basés sur un travail de laboratoire doivent inclure des observations de terrain pertinentes. (Yaalon, 1994).

Les décideurs au sein des gouvernements et le grand public doivent prendre conscience de l'importance du sol. La liste de recommandations adoptée lors du 15<sup>e</sup> Congrès Mondial de Science du Sol à Acapulco au Mexique en Juillet 1994 (ISSS Bull. 86, 1994), est un document important de politique de recherche, qui définit des orientations. Le récent rapport du Federal German Advisory Council on Global Change (1994), qui met l'accent sur le risque global touchant les sols, diagnostique 12 « syndromes » de risque global dus à l'homme dans les pays industrialisés, les pays en voie de développement et les pays en marge; il indique qu'une telle prise de conscience peut apparaître au niveau des décideurs.

## LE TRANSFERT DES TECHNOLOGIES DU SOL

Un transfert véritable et une adaptation des technologies sont nécessaires dans les pays en voie de développement où se trouvent la majeure partie des terres. Les besoins dans ces pays traduisent deux faits principaux. Premièrement, si la productivité du sol augmente, elle n'atteint seulement qu'un dixième environ de celle des pays développés, si on effectue le calcul par rapport aux personnes employées. Deuxièmement, l'effort scientifique total par rapport à la population des pays développés et des pays en voie de développement a un ratio qui varie de 20 à 1 (Unesco World Science Report, 1993). Le fossé est similaire en science du sol. Dans cette situation, l'approche la plus prometteuse sera celle du transfert et de

l'adaptation des technologies en science du sol des pays développés. Les principes scientifiques sont valables dans les deux types de pays, mais la technologie à appliquer n'est pas forcément la même. Si elle est inappropriée, elle peut faire plus de mal que de bien. Du fait qu'elle est une science de la terre géographiquement variable, dont la majeure partie des connaissances a été acquise en climat tempéré, nombre de ses concepts ne peuvent être transposés de manière automatique aux régions tropicales ou arides, mais doivent au contraire être revérifiés et fréquemment adaptés. Ceci est d'une extrême importance.

Le nombre des chercheurs en science du sol en activité est relativement peu important à l'heure actuelle dans les pays en voie de développement, d'une part par rapport à la population, et d'autre part par rapport à la surface de sol. Il est considérablement inférieur à la moyenne mondiale de plus de 10 spécialistes en science du sol par million de population. La part de l'ensemble des pays du Tiers-Monde pour la recherche en science du sol a atteint 10 % environ de l'effort mondial. D'un autre côté, il est significatif que selon certaines études (Arvanitis et Chatelin, 1988; Yaalon, 1989) environ la moitié de l'ensemble des publications en science des sols tropicaux étaient le fait des pays en voie de développement eux-mêmes (principalement l'Inde et le Brésil) et la plupart du temps (sauf pour l'Inde) publiées localement. Pour continuer et développer pareille recherche et pour adapter véritablement les technologies, il faudra former un grand nombre de chercheurs localement. Le challenge sera de développer de meilleures méthodes de transfert de technologie. Elargir le système dit « Transit and Visit System » nécessitera à nouveau un nombre accru de techniciens en science du sol opérationnels au niveau SMS (Subject Matter Specialist) (Benor et al., 1994). Il faudrait promouvoir la publication au niveau local de résultats applicables, afin de faire circuler l'information le plus largement possible.

Les lignes directrices de la science du sol dans les pays en voie de développement devraient donc être quelque peu différentes de celles des pays industrialisés. Il faudrait insister sur l'adaptation des technologies, et même de ce point de vue, l'approche holistique du sol dans le paysage, y compris ses aspects socio-économiques, est fortement recommandée (Stoops et Chevery, 1992; Catizzone et Muchena, 1994; Syers et Rimmer, 1994). Il est nécessaire de constituer quelques centres d'excellence pour mener une recherche avancée et de haute technicité en science du sol, à l'instar des meilleurs centres des pays développés. Ils pourraient également servir de centre de formation local. L'expérience passée montre que la formation sur place de techniciens locaux donne de meilleurs résultats que de longs séjours dans les universités occidentales. De nombreuses méthodes de développement des capacités d'expertise de spécialistes existent, dont les écoles de formation à la recherche à cursus court et les cours de remise à niveau dirigés par des

groupes de scientifiques en mission à l'étranger. Des centaines, voire des milliers de scientifiques et techniciens du sol et de l'eau seront nécessaires dans les toutes prochaines décennies. Il faudra de nouveaux supports de publications au niveau local pour faire état des observations et des adaptations de savoir-faire, ainsi que des efforts menés pour accroître la productivité et la préservation du sol.

## QUELQUES REMARQUES EN CONCLUSION

En conclusion, le déclin perceptible de la science du sol dans les pays industrialisés doit être arrêté en portant une plus grande attention d'une part aux aspects fondamentaux des processus, et de leur évolution dans le contexte des modifications globales du climat, et d'autre part aux problèmes d'environnement au niveau local en matière de préservation et de protection du sol. Il faudrait poursuivre les objectifs suivants : la réorientation des plus jeunes scientifiques vers une recherche plus fondamentale, une plus grande attention de la majorité aux problèmes de l'environnement et une plus grande collaboration avec les autres spécialistes de la Terre.

Soutenir et élargir les travaux en science du sol dans les pays en voie de développement est un défi tout aussi vaste, qui nécessite une approche quelque peu différente, celle d'encourager la formation sur place des chercheurs en science du sol et le transfert d'une technologie adaptée. Sur la base du nombre actuel de 50 000 chercheurs en science du sol dans le monde, il faut que plus de 1 500 nouveaux chercheurs entrent chaque année dans la profession si l'on veut juste conserver le niveau actuel. En estimant qu'actuellement 20 % d'entre eux environ sont issus des pays en voie de développement et si on veut atteindre 5 %, ou plus, de hausse par an, le pourcentage de chercheurs en science du sol des pays en voie de développement pourrait être accru de 40 à 50 % du total en quelques décennies. C'est pourquoi plus de 300 chercheurs et selon une augmentation régulière 600 et plus devraient être recrutés dans les pays en voie de développement. Cela réduirait considérablement le fossé existant entre les efforts de recherches et cela constituerait un objectif spécifique à court terme pour la formation de spécialistes en science du sol dans ces pays.

C'est pourquoi il faut fournir un effort très important si la science du sol veut prendre sa place à côté d'autres efforts de recherche fondamentale pour la protection de la Terre et une meilleure intégration des processus propres au sol au sein de systèmes plus larges. La préservation du sol : « Soil Care » peut devenir un concept unificateur et un défi dans le domaine de ce qui est géographiquement et écologiquement durable. Dans les pays en voie de développement, des chercheurs en science du sol formés essentiellement sur place doivent fournir la connais-

sance et les compétences nécessaires à l'amélioration de la productivité des sols et à leur indispensable préservation.

## BIBLIOGRAPHIE

- Arnold R., 1988 - Soil survey : an example of applied research. *Agrotechnology Transfer* 1988/7, 1 et 5-7.
- Arnold R. W., Szabolcs I. and Targulian V.O. (eds), 1990 - Global Soil Change. IIASA, Laxemburg, Austria, 110 p.
- Arvanitis R. and Chatelin Y., 1988 - National scientific strategies in tropical soil science. *Social Studies of Science* 18, 113-130.
- Baden-Wuerttemberg Ministry of Environment, 1992 - Umweltschutz - Boeden. Goeppingen, 32 pp.
- Benor D., Harrison J.Q. and Baxter M., 1984 - Agricultural extension. The Training and Visit System. The World Bank, Washington, DC, 84 pp.
- Blume H.P., 1992 - Handbuch des Bodenschutzes (2nd ed.). *EcoMed, Landsberg*, 794 pp.
- Bouma J., 1994 - Sustainable land use as a future focus for pedology? (A guest editorial). *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58, 645-646.
- British Society of Soil Science, 1994 - The decline in soil science? *BSSS Newsletter* 24, 6-7.
- Bullock P., 1994 - The need for a paradigm change in soil science in the next century. *Trans. 15th World Cong. Soil Sci., Acapulco, Mexico*, 9, 427-436.
- Catizzone M. and Muchena S.C., 1994 - A holistic approach to sustainable soil use in Southern African Developing Community countries. Executive Report and Workshop Proc. European Commission STD3, Brussels, 25 pp. and 58 pp.
- Federal German Advisory Council on Global Change, 1994 - World in Transition : Threat to Soils. Executive Summary of Annual Report. *Global Change Prisma*, 5/2, 10-17.
- Fraenzle O. and others, 1993 - Fundamentals for the evaluation of stress and stress capacity of soils as ecosystem constituents (in German). *Texte 59/93. Umwelt-Bundes-Amt, Berlin*, 215 pp.
- Gardner W.R., 1991 - Soil science as a basic science. *Soil Sci.* 151, 2-6.
- Gardner W.R., 1993 - A call for action (A guest editorial). *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57, 1403-1405.
- Greenland D.J., 1991 - The contributions of soil science
- Greenwood D.J., 1993 - The changing scene of British soil science. *J. Soil Sci.* 44, 191-207.
- Hillel D., 1993 - Science and the crisis of the environment. *Geoderma* 60, 377-382.
- Hudson H.D., 1992 - The soil survey as paradigm-based science. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56, 836-841.
- Ibanez J.J., Zinck J.A. and Jimenez-Ballestra R., 1993 - Soil survey : old and new challenges. *ITC Journal* 1993/1, 7-14.
- International Geosphere-Biosphere Programme, 1990 - The Initial Core Projects. Report n° 12. Stockholm, Sweden, 330 pp.
- International Geosphere-Biosphere Programme, 1992 - Global Change : Reducing Uncertainties. Stockholm, Sweden, 41 pp.
- International Geosphere-Biosphere Programme, 1994 - IGBP in Action : Work Plan 1994-1998. Report n° 28. Stockholm, Sweden, 151 pp.
- Jacob J.S. and Nordt L.C., 1991 - Soil and landscape evolution : a paradigm for pedology. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 55, 1194.
- McDonald P. (ed), 1994 - The Literature of Soil Science. Cornell Univ. Press, Ithaca, NY, 449 pp.
- Miller F.P., 1992 - Soil science : should we change our paradigm? *Bull. ISSS* 81, 26-27 (reprinted from *Agronomy News* 1991/10, 8-9).
- Miller F.P., 1993 - Soil science : a scope broader than its identity (A guest editorial). *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57, 299 and 564.
- Nielsen D.R., 1987 - Emerging frontiers in soil science. *Geoderma*, 40, 267-273.
- Nortcliff S. (compiler), 1993 - Soil science - a position paper. *British Soc. Soil Sci. - Reading*. 16 pp.
- Notohadiprawiro T., 1993 - Rethinking soil science paradigm. In : *New Ways in SoilScience*. ITC Publ n°4, 4-16. ITC, Ghent, Belgium.
- Rozanov B.G., 1990 - Human impacts on evolution of soils under various ecological conditions of the world. *Trans. 14 th Intern. Cong. Soil Sci., Kyoto, Japan*, 8, 53-62.
- Scharpenseel H.W., Schomaker M. and Ayoub A. (eds.), 1990 - Soils on a Warmer Earth. Elsevier, Amsterdam, Netherlands, 274 pp.
- Simonson R.W., 1991 - Soil science - goals for the next 75 years. *Soil Sci.* 151, 7-18
- Singer M.J. and Warkentin B.P., 1994 - Soils in an environmental context. 15th Intern. Cong. Soil. Sci., Acapulco, Mexico. *Catena* (in press).
- Sposito G. and Reginato R.J., 1992 - Opportunities in Basic Soil Science Research. *Soil Sci. Soc. Am., Madison, Wisconsin*, 109 pp.
- Stoops G. and Chevery C. (eds.), 1992 - New challenges for soil research in developing countries : a holistic approach. Proc. EC-STD Workshop Pedological Research for Developing Countries. ENSA, Rennes, France, 22 pp. Also : *Pedologie* 42, 216-230.
- Syers J.K. and Rimmer D.L. (eds.), 1994 - Soil Science and Sustainable Land Management in the Tropics. IBSRAM and CABI.
- Tinker P.B.H., 1985 - Soil science in a changing world. *J. Soil Sci.* 36, 1-8.
- Warkentin B.P., 1992 - Soil science for environmental quality : how do we know what we know? *J. Envir. Qual.* 21, 163-166.
- Wild A., 1989 - Soil scientists as members of the scientific community. *J. Soil Sci.* 40, 209-221.
- Wilding L.P., 1994 - Soil science. *Geotims* 39/2, 13-14.
- World Science Report, 1993 - Unesco, Paris, France, 242 pp.
- Yaalon D.H., 1989 - Who is publishing and where on soil science in the tropics? *Scientometrics* 15, 313-314.
- Yaalon D.A., 1993a - Soil processes and global change. In *Regional Implications of Future Climatic Change*. Eds. M. Graber et al. 196-199. Israel Acad. Sci. and Min. Envir., Jerusalem, Israel.
- Yaalon D.H., 1993b - Soil science in the eyes of the beholder. *Bull. Internat. Soc. Soil Sci.* 84, 13-14.

Yaalon D.H., 1994 - On models, modeling, and processus understanding. Soil

Sci. Soc. Am. J. 58, 1276.

---

Étude et Gestion des Sols, 4, 4, 1997